

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT).

(51) Internationale Patentklassifikation 4: B22D 11/06	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 87/00462 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 29. Januar 1987 (29.01.87)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH86/00101 (22) Internationales Anmeldedatum: 21. Juli 1986 (21.07.86) (31) Prioritätsaktenzeichen: 3137/85-5 (32) Prioritätsdatum: 21. Juli 1985 (21.07.85) (33) Prioritätsland: CH (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): CONCAST STANDARD AG [CH/CH]; Tödistrasse 7, CH-8027 Zürich (CH). (72) Erfinder und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HEINEMANN, Wilfried [DE/CH]; Juchmattstrasse 28, CH-8805 Richterswil (CH). GLOOR, Hans [CH/CH]; Sandbuckstrasse 19, CH-5222 Uznikon (CH). GUENTHERODT, Hans-Joachim [DE/CH]; Dorneckweg 10, CH-4108 Witterswil (CH). BREITENSTEIN, Heinz [CH/CH]; Rebensonstrasse 2, CH-4112 Bättwil (CH). REIMANN, Peter [CH/CH]; Gansacherweg 1, CH-4460 Gelterkinden (CH).	(74) Anwalt: PUNSCHKE, Edgar; Löwenstrasse 1, CH-8001 Zürich (CH). (81) Bestimmungsstaaten: AT (europäisches Patent), BE (europäisches Patent), CH (europäisches Patent), DE (europäisches Patent), FR (europäisches Patent), GB (europäisches Patent), IT (europäisches Patent), JP, LU (europäisches Patent), NL (europäisches Patent), SE (europäisches Patent), SU, US. Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.	
<p>(54) Title: PROCESS AND DEVICE FOR CASTING METAL STRIP DIRECTLY FROM THE MOLTEN MASS</p> <p>(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM GIESEN VON METALLBÄNDERN DIREKT AUS DER SCHMELZE</p> <p>(57) Abstract</p> <p>When casting metal strip directly from the molten mass onto a moving cooling body with the aid of a nozzle, at least one of the freely-selectable casting process parameters (P, d_1, u) is so adjusted, for a given nozzle design, that the melt meniscus which is formed between the inlet edge (3) of the nozzle (1) and the surface of the cooling body (2) is located in the region ($T-T_2$) for the position of the phase triple-point (T) on the surface of the cooling body. Preferably the position of the triple point (T) is adjusted by means of the gas pressure (P) at which the molten mass is pressed out of the nozzle (1) onto the cooling body. In addition, the triple-point position can be adjusted by a controlled regulation of the distance between the inlet edge (3) of the nozzle (1) and the surface of the cooling body, i.e. by altering the meniscus. For casting iron-containing melts a cooling body (1) having an iron-based surface has been found to be advantageous.</p> <p>(57) Zusammenfassung</p> <p>Zum Giessen von Metallbändern direkt aus der Schmelze auf die Oberfläche eines bewegten Kühlkörpers mit Hilfe einer Düse wird bei gegebener Düsengeometrie mindestens einer der frei wählbaren Giessprozessparameter (P, d_1, u) dagegen geregelt, dass sich der Schmelzen-Meniskus, der sich zwischen der Einlaufkante (3) der Düse (1) und der Oberfläche des Kühlkörpers (2) ausbildet, auf einen Bereich ($T-T_2$) für die Lage des Phasen-Tripelpunktes (T) auf der Kühlkörperoberfläche einstellt. Vorzugsweise lässt sich die Position des Tripelpunktes (T) über den Giessdruck (P) regeln, mit welchem die Schmelze aus der Düse (1) auf die Kühlkörperoberfläche gedrückt wird. Zusätzlich kann eine Regelung der Tripelpunkt-Position durch gesteuerte Verstellung des Abstandes zwischen der Einlaufkante (3) der Düse (1) und der Kühlkörperoberfläche und damit durch eine Veränderung des Meniskus vorgenommen werden. Zum Vergießen eisenhaltiger Schmelzen hat sich ein Kühlkörper (1) mit einer Oberfläche auf Eisenbasis als vorteilhaft erwiesen.</p>		

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT Österreich	FR Frankreich	ML Mali
AU Australien	GA Gabun	MIR Mauritanien
BB Barbados	GB Vereinigtes Königreich	MW Malawi
BE Belgien	HU Ungarn	NL Niederlande
BG Bulgarien	IT Italien	NO Norwegen
BR Brasilien	JP Japan	RO Rumänien
CF Zentrale Afrikanische Republik	KP Demokratische Volksrepublik Korea	SD Sudan
CG Kongo	KR Republik Korea	SE Schweden
CH Schweiz	LI Liechtenstein	SN Senegal
CM Kamerun	LK Sri Lanka	SU Soviet Union
DE Deutschland, Bundesrepublik	LU Luxemburg	TD Tschad
DK Dänemark	MC Monaco	TG Togo
FI Finnland	MG Madagaskar	US Vereinigte Staaten von Amerika

VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM GIESSEN
VON METALLBAENDERN DIREKT AUS DER SCHMELZE

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Giessen von Metallbändern direkt aus der Schmelze auf die Oberfläche eines bewegten Kühlkörpers, gemäss dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, sowie eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

Bei der Herstellung von Metallblechen und Metallbändern, insbesondere von Stahlblechen, wird nach dem heutigen Stand der Technik für den Hauptanteil des produzierten Materials ein mehrstufiger Produktionsablauf gewählt. Die grossindustrielle Herstellung von Stahlblechen verläuft beispielsweise in zwei Hauptstufen, von denen die erste Stufe in dem Vergießen der Metallschmelze auf einer Stranggussanlage, beispielsweise zu Brammen, besteht. Diese Zwischenfabrikate werden direkt oder nach dem vollständigen Abkühlen einem Walzvorgang zugeführt, wobei sie erneut auf Glühtemperatur erhitzt werden müssen und der Walzvorgang in der Regel in mehreren Schritten erfolgt.

Der gesamte Aufwand für das Vergießen des flüssigen Metalls zu den Zwischenfabrikaten sowie das anschliessende Aufheizen zum Walzen und der Walzvorgang selbst sind mit einem erheblichen Anlagen- und Energieaufwand verbunden.

- 2 -

Da ein grosser Anteil des Metallverbrauchs in Form von Blechen erfolgt, waren schon in der Vergangenheit verschiedene Bestrebungen darauf gerichtet, die Herstellung von Metallblechen dahingehend zu vereinfachen, dass die Bleche in einem einzigen Verfahrensschritt hergestellt werden können.

So sind beispielsweise Verfahren und Vorrichtungen zum direkten Vergießen von Metallschmelzen auf bewegte Kühlkörper bekannt, wobei in der Regel eine Kühltrömmel oder ein bewegtes Kühlband verwendet wird. Der Oberfläche der Kühltrömmel bzw. des Kühlbandes wird die Metallschmelze über ein düsenähnliches Austragelement zugeführt. Dabei zählen zu den geläufigsten Verfahrensparametern für den Giessprozess die Düsengeometrie, die Bewegungsgeschwindigkeit der Kühlkörperoberfläche gegenüber dem Düsenauslass und die Wärmeleitfähigkeit der Kühlkörperoberfläche. Die Abkühlgeschwindigkeit des auf der Kühlkörperoberfläche haftenden vergossenen Materials muss nach bekannten Vorschlägen auf die Giessgeschwindigkeit abgestimmt sein. Versuche, dieses Verfahren grosstechnisch zu nutzen, sind bisher daran gescheitert, die Steuerung der Verfahrensparameter optimal zu gestalten und sie über längere Zeit stabil zu halten. Die Verfahren wurden vielmehr in kleinerem Massstab für Sonderzwecke, z.B. für die Herstellung sehr dünner Folien oder Bänder mit besonderen Eigenschaften verwendet. Eine breite Anwendung, z.B. zur Herstellung von Massenstählen, konnten diese Verfahren bisher nicht finden.

Damit das Vergießen grösserer Mengen Metallschmelze zu Metallbändern technisch möglich wird, ist die Beherrschung der verschiedenen Verfahrensparameter unbedingte Voraussetzung. Versuche zur technischen Beherrschung dieser Parameter in ihrer gegenseitigen Abhängigkeit wurden bisher nur ansatzweise unternommen, ohne dass sie zu brauchbaren Resultaten geführt hätten.

Lösungsansätze im Rahmen bekannter Verfahren führen einerseits über sehr dünne vergossene Metallbleche, denen die Wärme während ihres Kontaktes mit der Kühlkörperoberfläche relativ schnell entzogen werden kann, und andererseits über vergrösserte Kühlkörper, also z.B. Trommeln mit einem erheblichen Durchmesser oder aber sehr lange Kühlkörperbänder, welche durch Kühlbereiche geleitet werden. Die Bestrebungen im Rahmen bisheriger Lösungsansätze zur Verbesserung der Kühlleistung haben sich im wesentlichen darauf konzentriert, die Kühlkörper von der Giessoberfläche entgegengesetzten Seite her, in der Regel also von innen her, zu kühlen. Dazu wird im allgemeinen eine Kühlflüssigkeit, vorzugsweise Wasser, verwendet. Die Kühlkörperoberfläche besteht aus einem gut wärmeleitenden Material, aus Preisgründen vorzugsweise aus Kupfer oder Kupferlegierungen, so dass die Wärme von der Giessoberfläche des Kühlkörpers möglichst effektiv auf die stark gekühlte Gegenseite des Kühlkörpers geleitet wird. Trotzdem ist diese Art der Wärmeleitung relativ träge und durch die Wärmeleitungseigenschaften des Kühlkörpermaterials grundsätzlich begrenzt. Andeutungsweise und in allgemeiner Form wurde auch bereits auf die Möglichkeit einer Verdampfungskühlung hingewiesen, wie durch äussere Berührung des Kühlkörpers mit Wasser oder irgendeinem anderen flüssigen Medium, das durch Verdampfen ein Kühlen bewirkt (US-PS 4,142,571). Die Erfahrung hat gezeigt, dass sich das Entziehen der Wärme durch Flüssigkeitsverdampfung direkt im Giessbereich aus praktischen und steuerungstechnischen Gründen für den praktischen Einsatz weniger gut eignet.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung anzugeben, welche die Herstellung von Metallbändern direkt aus der Schmelze unter Verwendung eines bewegten Kühlkörpers derart erleichtern, dass sich durch eine verbesserte Berücksichtigung der verschiedenen Verfahrensparameter und ihrer gegenseitigen Abhängigkeit eine produktionstechnisch einsetzbare Prozesssteuerung ergibt.

- 4 -

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss durch die in den Patentansprüchen 1 und 5 definierten Merkmale gelöst.

Durch geeignete Steuerung einzelner Verfahrensparameter, z.B. des Giessdrucks, der in der Giessdüse auf die Schmelze ausgeübt wird, lässt sich der Schmelzen-Meniskus, der sich zwischen der Eintlaufkante der Düse und der Oberfläche des Kühlkörpers ausbildet, so einstellen, dass der Phasen-Tripelpunkt auf die Kühlkörperoberfläche zu liegen kommt. Diese Bedingung hat sich als besonders vorteilhaft zur Herstellung von Bändern mit möglichst gleichmässiger Qualität erwiesen. Als Folge dieser Massnahme lassen sich Giesskörper nach anderen Kriterien auswählen als dies bisher der Fall war. Insbesondere führt dies zum Einsatz von Giesskörpermaterial, welches sich besser beherrschen lässt und welches bessere mechanische Eigenschaften aufweist als das bisher für diesen Zweck fast ausschliesslich verwendete Kupfer.

Im folgenden werden Einzelheiten der Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele mit Hilfe der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 die Prinzipdarstellung einer auf die Oberfläche eines Kühlkörpers gerichteten Giessdüse und

Fig. 2 eine Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Figur 1 zeigt die grundsätzlichen Mass- und Strömungsverhältnisse beim Ausströmen einer Metallschmelze aus einer Düse 1 auf die Oberfläche eines bewegten Kühlkörpers 2. Der Kühlkörper bewegt sich mit einer Geschwindigkeit u gegenüber dem Düsenauslass in Pfeilrichtung, in Figur 1 also nach rechts. Die Spaltbreite der Düse in Richtung der Kühlkörperbewegung beträgt d_0 . Die hintere Kante 3 der Düse weist gegenüber der Kühlkörperoberfläche einen Abstand d_1 auf. Die Dicke des entstehenden bandförmigen Materials beträgt d_2 .

Aus der Düse tritt die Schmelze mit einer Geschwindigkeit v aus, wobei im Innenraum der Düse ein Druck P besteht. Die Dichte der Schmelze beträgt "ro", während "sigma" deren Oberflächenspannung bedeutet.

Wie in Figur 1 ferner angedeutet, bildet sich im Bereich der Einlaufkante der Düse ein Meniskus, welcher der Einfachheit halber kreisförmig mit dem Radius R dargestellt ist.

Die Mantelfläche des Kühlkörpers 2 besteht aus gut wärmeleitendem Material und ist zwangsgekühlt, zum Beispiel mit Wasser. Die Zwangskühlung kann von der Innenseite des Kühlkörpers vorgenommen werden oder auch von der Oberseite. Es können auch beide Kühlungsarten gemeinsam vorgesehen sein. Unter dem Einfluss der Kühlung und der relativ hohen Geschwindigkeit u des bewegten Kühlkörpers 2 beginnt die Erstarrung des gegossenen Materials bereits am Punkt T . Ausgehend von diesem Punkt nimmt die Wanddicke des erstarrten Materials bis zur endgültigen Dicke d_2 zu.

Gemäss der bekannten Lehre hat neben der Bewegungsgeschwindigkeit u des Kühlkörpers, der Düsenpaltbreite do sowie dem Druck, unter welchem die Schmelze durch die Düsenöffnung gedrückt wird, die Wärmeleitfähigkeit der Kühlkörperoberfläche eine entscheidende Bedeutung für den Erfolg des Giessverfahrens bzw. für die Qualität der Giessprodukte.

Für die Wärmebilanz im Kühlkörper ist nach der herrschenden Lehre wegen der hohen Wärmelastung die Wärmeleitfähigkeit ein entscheidender Verfahrensparameter. Bei der näheren Ueberprüfung des Sachverhaltes hat sich nun überraschenderweise gezeigt, dass zur Erzielung einwandfreier Giessqualitäten, insbesondere einwandfreier Oberflächenqualitäten, weniger die Wärmeleitfähigkeit als entscheidender Verfahrensparameter anzusehen ist, als vielmehr die Benetzbarkeit der am Giessprozess unmittelbar beteiligten Oberflächen.

- 6 -

Im einzelnen wurde z.B. festgestellt, dass unter den im folgenden angegebenen Versuchsbedingungen die Verwendung von Kupfer als Giessfläche trotz seiner guten Wärmeleitfähigkeit zu keinen einwandfreien Giessprodukten führte. Die Versuchsbedingungen waren:

$$\begin{aligned}d_1 &= 0,2 \text{ mm} \\d_0 &= 0,35 \text{ mm} \\P &= 0,2 \text{ bar} \\u &= 20-25 \text{ m/s} \\d_2 &= 30-40 \text{ um}\end{aligned}$$

(Schutzgasatmosphäre)

Die Oberflächen dieser Produkte waren ungleichmässig. Ferner traten häufige Abrisse auf.

Ein Auswechseln des Kühlkörperwerkstoffs durch einen Kühlkörper aus einer Eisenlegierung führte überraschenderweise bei sonst gleichen Versuchsbedingungen zu völlig einwandfreien Produkten.

Eine Ueberprüfung der Verfahrensparameter sowie der physikalischen Zusammenhänge ergab das folgende überraschende Ergebnis:

Der sich im Bereich der Einlaufkante 3 der Düse 1 bildende Meniskus mit dem Radius R stellt offenbar ein wichtiges Kriterium für die gleichmässige und kontrollierte Ausbildung des Bandes dar. Innerhalb des Meniskus ist der Beginn der Erstarrung, d.h. die Lage des Tripelpunktes T fest/flüssig (Schmelze)/Gasphase entscheidend. Nähere Untersuchungen haben gezeigt, dass die Lage des Tripelpunktes T längs der Kühlkörperoberfläche, bezogen auf den Düsenauslass d_0 einen wesentlichen Einfluss auf die Oberflächenqualität des Giessproduktes, also der gegossenen Bänder, hat. Es hat sich gezeigt, dass im Hinblick auf ein möglichst ungestörtes Schalenwachstum der Tripelpunkt T auf der Oberfläche des Kühlkörpers liegen sollte. Uebertragen auf die vorliegenden

Verhältnisse gemäss Figur 1 bedeutet dies, dass ein Verschieben des Tripelpunktes von T zu T₁ eine Qualitätsverschlechterung bringen würde, während der Bereich zwischen T und T₂ den Idealbereich darstellt.

Weitergehende theoretische Untersuchungen und Versuchsreihen haben nun gezeigt, dass die Lage des Tripelpunktes T durch die Wärmeleitfähigkeit des Kühlkörpermaterials nicht besonders stark beeinflusst wird. Einen wesentlich stärkeren Einfluss haben die Benetzbarkeit der Kühlkörperoberfläche durch die vergossene Schmelze und die augenblickliche Temperatur im Bereich der aufgebrachten Schmelze. Die Temperatur könnte dabei durch massive äussere Kühlung, sogar bei Verwendung eines schlechteren Wärmeleiters als Kühlkörper eingehalten werden. Weitere Versuchsreihen in dieser Richtung zeigten, dass tatsächlich die Kombination zwischen der Schmelze und dem Kühlkörper die Lage des Tripelpunktes T entscheidend beeinflussen.

Im einzelnen ist die Meniskusform, unter der vorliegenden Annahme gemäss Figur 1 also der Radius R, eine Funktion der Oberflächenspannung der Schmelze und der Wärmeleitfähigkeit der Gasphase im Meniskusbereich, also eine Funktion der Wärmeleitung zwischen der Schmelze und der Gasatmosphäre im Bereich des Abstandes d₁. Von Einfluss ist auch der Sprung der Wärmeleitung beim Uebergang der Schmelze von der Gasatmosphäre innerhalb des Abstandes d₁ auf die Kühlkörperoberfläche. Eine Folge des starken Einflusses der Benetzbarkeit der Kühlkörperoberfläche ist, dass es auf eine ideale Materialpaarung zwischen der Oberfläche des Kühlkörpers und der Schmelze, genauer deren Oberflächenspannung beziehungsweise Viskosität, ankommt.

Die Erkenntnisse aus den geschilderten Beobachtungen liefern das überraschende Ergebnis, dass sich bei einer vorbestimmten Düsengeometrie die Meniskusform durch die Werk-

stoffpaarung Kühloberfläche/Schmelze einstellen lässt. Dieser Zusammenhang ist für die verschiedenen Werkstoffpaarungen von unterschiedlicher Wichtigkeit. Entscheidend ist hierbei die jeweils erreichte der angestrebten Erstarrungsformen amorph/kristallin und die entsprechende Veränderung der Viskosität während der Abkühlung. Zur Erreichung dieses Ziels, nämlich der Positionierung des Tripelpunktes in dem gewünschten Bereich, wird während des Giessprozesses eine Steuerung beziehungsweise Regelung der Parameter über die Geschwindigkeit u und /oder den Druck P vorgenommen. Da es aus rein praktischen Erwägungen zweckmäßig ist, die Geschwindigkeit u konstant zu halten, so dass die vergossenen Bänder mit gleichmässiger Geschwindigkeit abgezogen bzw. aufgerollt werden können, bleibt bei vorgegebener Materialpaarung Kühlkörperoberfläche/Schmelze und Gasatmosphäre als wesentlicher Steuerungsparameter zur Beeinflussung der Lage des Tripelpunktes T der Druck P , welcher innerhalb des Düsenkörpers 1 auf die Schmelze ausgeübt wird.

Für die Herstellung von Stahlbändern hat es sich bei optimaler Einstellung der erwähnten Parameter als zweckmäßig erwiesen, den Tripelunkt T in einem Toleranzbereich einzustellen, welcher sich um einen bestimmten Betrag nach beiden Seiten um die Projektion der Spaltbreite do auf die Kühlkörperoberfläche erstreckt. Als Toleranzbereich für die Einstellung des Tripelpunktes T gilt $5 \times do$, gemessen auf der Kühlkörperoberfläche.

In Weiterentwicklung des beschriebenen Verfahrens hat es sich als besonders vorteilhaft erwiesen, zur Einstellung des Meniskus nicht nur den Druck P heranzuziehen sondern mindestens einen weiteren Parameter. Von entscheidender Bedeutung für die geometrische Form des Meniskus ist der Abstand d_1 . Im Hinblick auf eine angestrebte automatische Nachführung der Verfahrensparameter in einem möglichst breiten Regelbereich hat es sich als besonders vorteilhaft erwiesen, den

Abstand d1 zwischen der Düsen einlaufkante und der Kühlkörperoberfläche ebenfalls einstellbar zu halten, vorzugsweise gesteuert bzw. geregelt. Die Grundeinstellung des Abstandes d1 wird durch geeignete Stellmittel am Düsenkörper 1, zum Beispiel durch einen Linearmotor oder geeignete steuerbare Hubelemente, auf den gewünschten Wert vorgenommen.

Die für die Verstellung der Düse 1 erforderlichen Stellsignale liefert ein Computer 10, der aufgrund einer Dickenmessung mit Hilfe einer Dickenmessonde 11 die Regelgröße erfasst und unter Berücksichtigung einer vorgegebenen Führungsgröße die Regelabweichung und daraus die Stellgröße berechnet. Anstelle einer Dickenmessonde 11 kann auch ein anderes Indikatorelement zur Erfassung der Banddicke am gegossenen Band verwendet werden. Beispielsweise lassen sich optische Messverfahren oder andere schnell ansprechende und hochempfindliche Dickenmesselemente verwenden.

Der Kühlkörper 1 kann beispielsweise als Trommel ausgebildet sein, welche in einem nicht näher dargestellten Ständer bzw. Gehäuse gelagert ist. Lagerung und Ausbildung der Trommel sind derart, dass die Oberfläche des Kühlkörpers gegenüber dem stationären Düsenkörper eine Geschwindigkeit in der Größenordnung von beispielsweise 20 m/s erreicht. Das sich aus der Schmelze 3 auf der Trommeloberfläche bildende Band 4 wird auf geeignete Weise von der Trommeloberfläche abgelöst und anschliessend von der Giessvorrichtung weggeführt, beispielsweise zu einem Bund aufgewickelt.

Der grösste Teil der freien Kühlkörperoberfläche, zwischen dem Ablösebereich des gegossenen Bandes und der Düsenposition, ist gemäss Figur 1 von einem fluiden Kühlmittel benetzt. Als Kühlmittel dient vorzugsweise eine Flüssigkeit, zum Beispiel Wasser, welches in einem geschlossenen und gegenüber der Trommeloberfläche weitgehend abgedichteten Gehäuse durch geeignete Strömungskanäle geführt wird.

- 10 -

Ein für den Kühlkörper 2 vorgesehener Antrieb 5 steht vorzugsweise mit einem Computer 10 in Verbindung, so dass die genaue Drehgeschwindigkeit des Kühlkörpers 2 als Regelgröße in der Steuereinrichtung 11 zusammen mit anderen vorgegebenen Parametern zur Steuerung von Druck und Temperatur des Kühlmittels berücksichtigt werden kann.

In Abwandlung des beschriebenen Ausführungsbeispiels kann nach dem gleichen Prinzip die Oberfläche des Kühlkörpers 1 anstatt in einem strömenden Kühlmittelbad auch mit Hilfe von Düsen und anderen Vorrichtungen zwangsweise mit einem Kühlmittel besprührt beziehungsweise benetzt werden.

Durch die beschriebene Aussenkühlung, also die Kühlung derjenigen Kühlkörperoberfläche, welche als Giessoberfläche dient, wird eine besonders effektive und schnelle Ableitung der erheblichen Wärmemenge auf der Trommeloberfläche erreicht. Wie oben bereits ausgeführt wurde, spielt die Wärmeleitung durch die Wandung des Kühlkörpers nicht die entscheidende Rolle, wie dies früher vermutet worden war.

Für den einwandfreien Ablauf des beschriebenen Giessverfahrens würden sich insbesondere Verunreinigungen durch Fremdkörper oder Elemente, welche die Benetzbarkeit der Kühlkörperoberfläche verändern, störend, wenn nicht verheerend auswirken. Im Beispiel ist daher im Einlaufbereich kurz vor dem Düsenkörper ein Reinigungselement 20 angeordnet, welches die Kühlkörperoberfläche sauber hält. Dieses kann beispielsweise als Rollenbürste ausgebildet sein.

Die Auflage der Düse auf der Kühlkörper-Oberfläche kann über ein Luftpissenelement 30 erfolgen. Dabei kann eine Vorspannfeder 31 oder ein ähnliches Element gegenüber dem Luftpissen eine Vorspannung aufbauen, so dass der Auflagedruck gegenüber der Kühlkörper-Oberfläche wählbar bzw. einstellbar ist.

Mit Hilfe einer zusätzlich angeordneten Messeinrichtung 32 wird die exakte Höhe der Düsenöffnung gegenüber der Oberfläche der Kühlkörper-Oberfläche bestimmt und entsprechend der Druck P1 für das Luftkissenelement 30 eingestellt, so dass der Düsenabstand gegenüber der Oberfläche des Kühlkörpers 2 konstant bleibt. Erreicht wird die Steuerfunktion durch eine in Figur 2 nicht näher ausgeführte Steuereinrichtung, welche an das Hubelement 8 angeschlossen ist.

Anstelle eines Luftkissens kann auch ein entsprechendes Kissen aus einem beliebigen anderen geeigneten Gas bzw. Fluid verwendet werden.

Für die Konstruktion einer Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens wirkt sich die Erkenntnis besonders vorteilhaft aus, dass die Wärmeleitfähigkeit des Kühlkörpers von weniger entscheidender Bedeutung ist als früher angenommen. Es hat sich daher als äusserst vorteilhaft erwiesen, anstelle der früher allgemein verwendeten Kupferflächen solche aus Eisen oder Eisenlegierungen zu verwenden, welche zwar eine etwas schlechtere Wärmeleitfähigkeit aufweisen, dafür aber bessere Festigkeitseigenschaften. Beispielsweise unterliegen Giesstrommeln aus Eisen oder Eisenlegierungen weniger stark der Gefahr einer Deformation, wie dies für das relativ weiche Kupfer der Fall ist. Es lassen sich damit nicht nur preisgünstigere und stabilere Giesskörper verwenden, sondern der gesamte Giessprozess lässt sich einfacher und präziser kontrollieren. Insgesamt ergeben sich dadurch stabilere Verhältnisse nicht nur bezüglich der Benetzbarkeit der Giessfläche sondern auch bezüglich der Beherrschbarkeit des Giessprozesses. Ferner lässt sich eine wesentliche Verbesserung der Standzeiten für die Giessoberfläche erreichen, so dass die Lebensdauer dieser Bauelemente erheblich verlängert werden konnte.

- 12 -

Wegen des grossen Einflusses der Benetzbarkeit der Kühlkörperoberfläche durch die Schmelze ist es vorteilhaft, für unterschiedliche Schmelzenzusammensetzungen verschiedene, auf die Schmelze hinsichtlich optimaler Benetzbarkeit abgestimmte Kühlkörper zu verwenden. In solchen Fällen ist es daher zweckmässig, die Kühlkörper auswechselbar zu lagern und aus einem Vorrat unterschiedlicher Kühlkörper jeweils das optimale in die Giessvorrichtung einzusetzen. Zusätzlich kann auch das Material des Düsenkörpers an denjenigen Bereichen von Einfluss auf den Giessprozess sein, welche von der ausfliessenden Schmelze benetzt sind.

Zur Funktion der Steuerungseinrichtung 10 gelten unter Bezug auf Fig. 1 die folgenden grundsätzlichen Betrachtungen:

Der Abstand d_1 steht mit der Oberflächenspannung σ der Schmelze und dem Druck P bei gegebener Schmelzenzuflussgeschwindigkeit v und gegebener Geschwindigkeit u der Oberfläche des Kühlkörpers 2 gegenüber dem Düsenauslass über folgende Beziehung in Verbindung:

$$\frac{2\sigma}{d_1} \approx \frac{g}{2} v^2 = u^2 \left(\frac{d_2}{d_o} \right)^2, \quad (\text{wegen } v = \frac{d_2 \cdot u}{d_o})$$

und damit:

$$d_1 \approx \frac{4\sigma}{g \cdot u^2} \left(\frac{d_o}{d_2} \right)^2$$

Darin bedeuten gemäss der Darstellung in den Figuren σ die Oberflächenspannung und g die Dichte der Schmelze, da die Breite der Düsenöffnung in Bewegungsrichtung des Kühlkörpers sowie d_2 die Dicke des zu erzeugenden Bandes.

Unter Beachtung dieses Zusammenhangs werden die Verfahrensparameter unter Berücksichtigung metallurgischer Gesichtspunkte mit Hilfe der Steuerungseinrichtung 10 nach den oben angegebenen Regeln überwacht und nachgeführt.

Mit dem beschriebenen Verfahren sowie der beschriebenen Einrichtung lassen sich nicht nur amorphe, sondern besonders vorteilhaft auch kristalline Strukturen herstellen.

P A T E N T A N S P R U E C H E

1. Verfahren zum Giessen von Metallbändern direkt aus der Schmelze unter Verwendung einer auf die Oberfläche eines bewegten Kühlkörpers gerichteten Giessdüse, dadurch gekennzeichnet, dass bei gegebener Düsengeometrie mindestens einer der frei wählbaren Giessprozessparameter (P , d_1 , u) dahingehend geregelt wird, dass sich der Schmelzen-Meniskus, der sich zwischen der Einlaufkante (3) der Düse (1) und der Oberfläche des Kühlkörpers (2) ausbildet, auf einen Bereich ($T - T_2$) für die Lage des Phasen-Tripelpunktes (T) auf der Kühlkörperoberfläche einstellt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Tripelpunktes (T) innerhalb eines Bereiches ($T - T_2$) auf der Kühlkörperoberfläche eingestellt wird, welcher sich maximal über die fünffache Düsenbreite (d_0) erstreckt.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Position des Tripelpunktes (T) über den Giessdruck (P) geregelt wird, mit welchem die Schmelze aus der Düse (1) auf die Kühlkörperoberfläche gedrückt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass eine zusätzliche Regelung der Tripelpunkt-Position durch gesteuerte Verstellung des Abstandes zwischen der Einlaufkante (3) der Düse (1) und der Kühlkörperoberfläche und damit durch eine Veränderung des Meniskus vorgenommen wird.

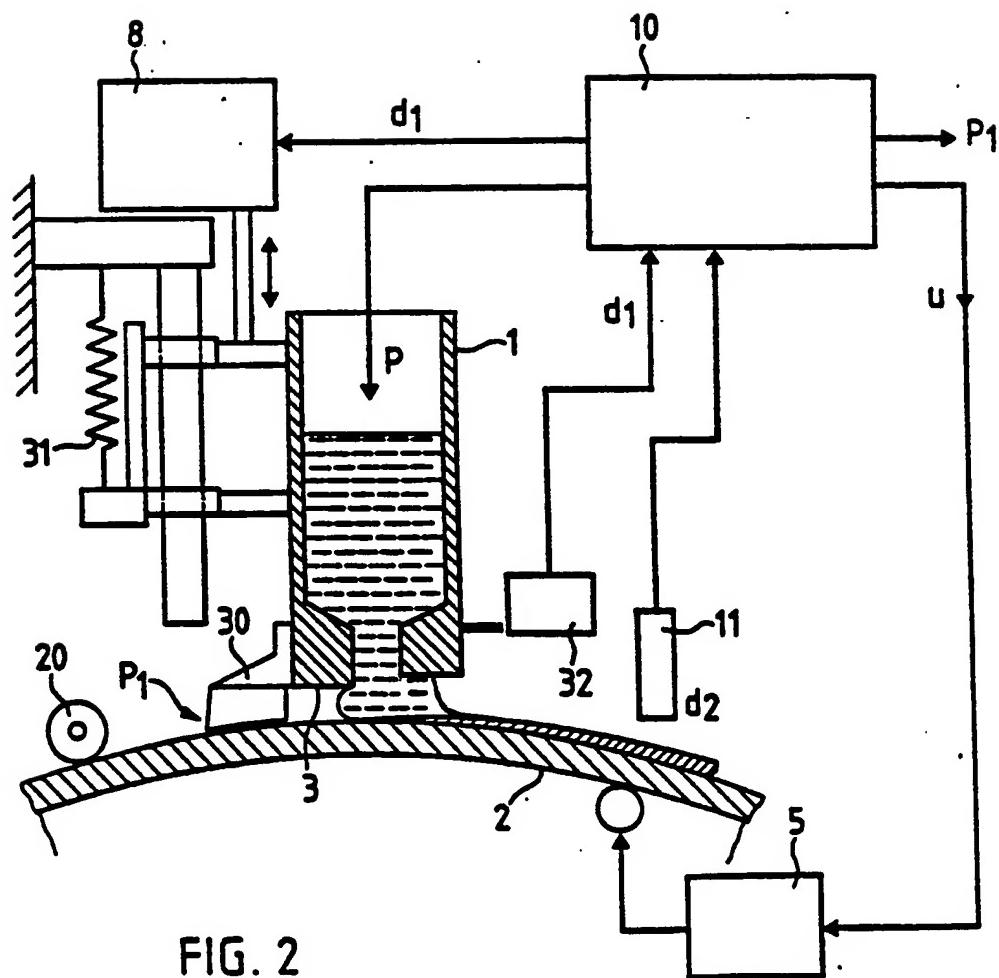
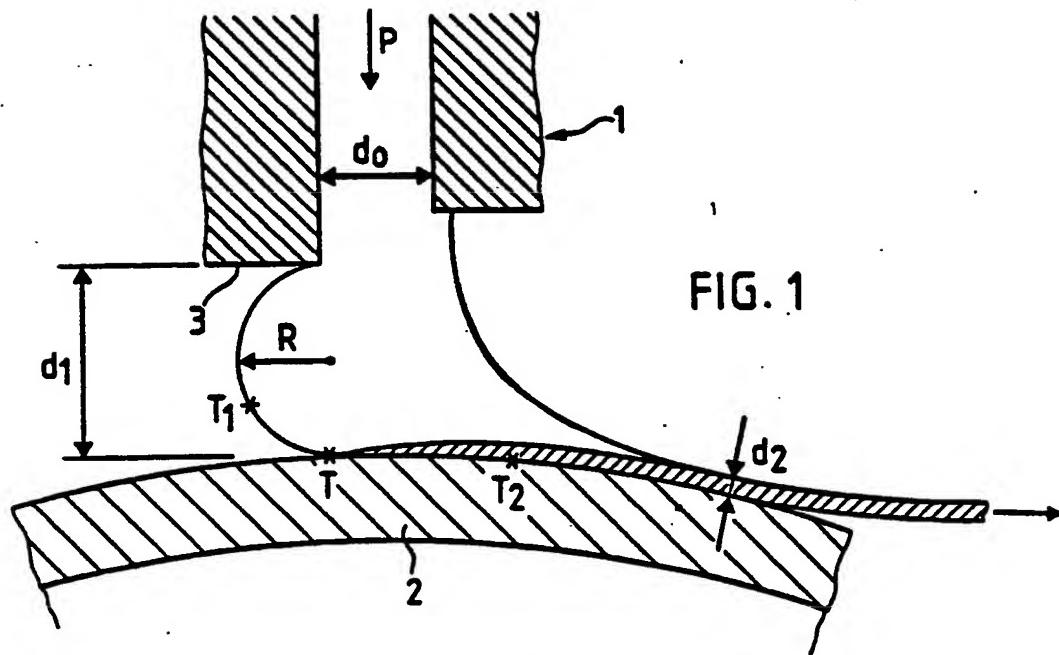
5. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, mit mindestens einer Giessdüse (1) und einem relativ zur Giessdüse bewegten Kühlkörper (2), dadurch gekennzeichnet, dass eine Steuerungseinrichtung (10) zur Abgabe von Giessdruck-spezifischen Drucksteuerungssignalen an die Giessdüse (1) mindestens aufgrund von Messsignalen ausgebildet ist, welche von einer auf das gegossene Band ausgerichteten Dickenmesssonde (11) geliefert werden.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Kühlkörper auswechselbar gelagert ist und gegen weitere Kühlkörper mit unterschiedlicher Benetzbarkeit auswechselbar ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5, zum Vergießen eisenhaltiger Schmelzen, dadurch gekennzeichnet, dass ein Kühlkörper (1) mit einer Oberfläche auf Eisenbasis vorgesehen ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerungseinrichtung (10) mit Mitteln zur Abgabe von Distanz-Verstellsignalen an Distanz-Verstelleinrichtungen (8) aufgrund der von der Dickenmesssonde (11) gelieferten Messsignale ausgebildet ist, wobei die Distanz-Verstellseinrichtung den Abstand zwischen der Einlaufkante (3) der Giessdüse (1) und der Kühlkörperoberfläche beeinflusst.

1/1



INTERNATIONAL SEARCH REP RT

International Application No

PCT/CH86/00101

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (If several classification symbols apply, indicate all) *

According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC
 Int.Cl. ⁴ B 22 D 11/06

II. FIELDS SEARCHED

Minimum Documentation Searched ?

Classification System	Classification Symbols
Int.Cl.	B 22 D

Documentation Searched other than Minimum Documentation
to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched *

III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT*

Category *	Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³
X	US, A, 4221257 (NARASIMHAN) 9 September 1980, see abstract; column 4, line 62 - column 7, line 24; figures 1-7	1,3,4
Y	-----	5,7,8
P,Y	DE, A, 3528891 (NIPPON STEEL) 20 February 1986, see page 6, lines 6-12 -----	7
Y	Patents Abstracts of Japan, vol. 6, no. 80 (M-129) (958), 19 May 1982, & JP, A, 5717354 (Hitachi) (29 January 1982) see the abstract -----	5
Y	DE, A, 3428200 (HITACHI METALS, LTD.) 21 February 1985 see the abstract; figure 1 -----	8

* Special categories of cited documents: ¹⁰

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document, of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"Z" document member of the same patent family

IV. CERTIFICATION

Date of the Actual Completion of the International Search	Date of Mailing of this International Search Report
29 October 1986 (29.10.86)	18 December 1986 (18.12.86)
International Searching Authority European Patent Office	Signature of Authorized Officer

ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT ON

INTERNATIONAL APPLICATION NO. PCT/CH 86/00101 (SA 13938)

This Annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on 21/11/86

The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US-A- 4221257	09/09/80	US-A- 4331739	25/05/82
DE-A- 3528891	20/02/86	JP-A- 61049753 US-A- 4600048	11/03/86 15/07/86
DE-A- 3428200	21/02/85	JP-A- 60033856	21/02/85

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/CH 86/00101

I. KLASIFIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben) ⁶		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
Int. Cl 4. B 22 D 11/06		
II. RECHERCHIERTE SACHGEBiete		
Recherchierter Mindestprüfstoff ⁷		
Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole	
Int. Cl.4	B 22 D	
Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen ⁸		
III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN⁹		
Art*	Kennzeichnung der Veröffentlichung ¹¹ , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile ¹²	Betr. Anspruch Nr. 13
X	US, A 4221257 (NARASIMHAN) 9. September 1980 siehe Zusammenfassung; Spalte 4, Zeile 62 - Spalte 7, Zeile 24; Figuren 1-7	1,3,4
Y	—	5,7,8
P,Y	DE, A, 3528891 (NIPPON STEEL) 20. Februar 1986 siehe Seite 6, Zeilen 6-12	7
Y	Patents Abstracts of Japan, Band 6, Nr. 80 (M-129)(958), 19. Mai 1982, & JP, A, 5717354 (Hitachi) (29. Januar 1982) siehe die Zusammenfassung	5
Y	DE, A, 3428200 (HITACHI METALS, LTD.) 21. Februar 1985 siehe die Zusammenfassung; Figur 1	8
<p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen¹⁰: "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht garantieren Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>		
IV. BESCHEINIGUNG		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts	
29. Oktober 1986	18 DEC 1986	
Internationale Recherchenbehörde	Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten	
Eur päisches Patentamt	M. VAN MOL 	

ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE

INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR. PCT/CH 86/00101 (SA 13938)

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben. Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am 21/11/86

Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US-A- 4221257	09/09/80	US-A- 4331739	25/05/82
DE-A- 3528891	20/02/86	JP-A- 61049753 US-A- 4600048	11/03/86 15/07/86
DE-A- 3428200	21/02/85	JP-A- 60033856	21/02/85